

## Eficiência técnica e de escala da agropecuária no estado do Ceará

*Wesley de Freitas Barbosa<sup>1</sup>  
Eliane Pinheiro de Sousa<sup>2</sup>*

**Resumo:** Este estudo busca aferir os escores de eficiência técnica e de escala do setor agropecuário nos municípios cearenses. O método utilizado para cumprir esse objetivo consiste na análise envoltória dos dados (DEA), tomando como base os dados do Censo Agropecuário de 2006. Os resultados obtidos a partir do modelo DEA sinalizam que os municípios cearenses podem diminuir, em média, os custos com insumos em 45% e 35%, respectivamente, nos modelos com retornos constantes e variáveis, sem reduzir o valor da produção. Em termos regionais, os dados indicam que as mesorregiões do Jaguaribe e Centro-Sul tiveram menores níveis de eficiência técnica, enquanto os melhores resultados foram verificados pela mesorregião Metropolitana de Fortaleza, que não apresentou problema quanto à alocação dos fatores produtivos, com exceção das despesas operacionais, e registrou as maiores produtividades desses insumos.

**Palavras-chave:** Eficiência técnica. Eficiência de escala. Agropecuária. Ceará. DEA.

**Abstract:** This study seeks to measure the technical efficiency and scale scores of the agriculture and cattle-raising sector in the municipalities of the state of

<sup>1</sup> Economista pela Universidade Regional do Cariri (URCA). E-mail: barbosa.wesley@gmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Professora adjunta do Departamento de Economia da URCA. E-mail: pinheiroeliane@hotmail.com

Ceará. The method used to fulfill these objective include data envelopment analysis (DEA), taking as base the data from the 2006 Agriculture and Cattle-Raising Census. The results obtained from the DEA model indicate that the municipalities of the state of Ceará can reduce, on average, the costs with raw materials in 45% and 35%, respectively, in the models with constant and variable return, without reducing the value of production. In regional terms, the data indicate that the mesoregions of Jaguaribe and Centro-Sul exhibited lower technical efficiency levels, whereas the best results were observed in the Metropolitan mesoregion of Fortaleza, which did not present problem as to the allocation of productive factors, except operating expenses, and exhibited the highest productivity of these raw materials.

**Keywords:** Technical efficiency. Scale efficiency. Agriculture and cattle-raising. Ceará. DEA.

## **Introdução**

O setor agropecuário tem desempenhado importante papel na economia brasileira, desde a colonização até os dias de hoje, atuando como forte gerador de renda, empregos e divisas internacionais. Nas últimas décadas, os ganhos de produtividade da mão de obra foram consideráveis na agropecuária. Além disto, ampliou-se a participação relativa de tratores por áreas de lavouras; expandiu-se a produtividade na pecuária, elevando a quantidade de animais por áreas de pastagens; assim como foram notáveis os ganhos de produtividade nas lavouras de café, uva, milho, cana-de-açúcar, trigo e soja (GASQUES et al., 2010).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2012), a agropecuária brasileira contribui direta e indiretamente para a formação de 26% do Produto Interno Bruto (PIB), é responsável por cerca de 40 milhões de empregos e por 36% das exportações.

A partir da década de 1960, ocorreram importantes transformações na agropecuária, como a ampliação do uso da mecanização, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e outros insumos modernos, decorrentes do processo de modernização e da atuação de políticas públicas

destinadas a esse setor, como preço mínimo, crédito e assistência técnica, porém apenas os médios e grandes produtores se beneficiaram dessas políticas. Esse período foi marcado pela gradativa saída do processo de substituição de importações e entrada de incentivos às exportações (PEREIRA, 1999; STUKER, 2003).

Além desse processo de modernização ter beneficiado somente os médios e grandes produtores, não ocorreu de modo uniforme no país, incidindo com maior intensidade nas regiões e Estados, que se moldavam às inovações. Nesse contexto, a região Centro-Sul foi privilegiada em detrimento do Nordeste (PEREIRA, 1999; FERREIRA, 2003).

Para Nogueira (2005), tal assimetria de oportunidades na agropecuária tem propiciado grande variabilidade no nível de renda no meio rural entre regiões brasileiras, sendo que algumas registraram renda muito inferior ao de outras consideradas eficientes. Como resultado, a região Nordeste utiliza um menor uso de aporte tecnológico aplicado à agropecuária, sendo mais intensiva em trabalho, ao passo que as regiões Sul e Sudeste são mais intensivas em capital (ALMEIDA, 2012).

No estado do Ceará, assim como na região Nordeste, este setor tem apresentado entraves como a baixa produtividade dos fatores empregados e a diferenciação de níveis tecnológicos adotados por pequenos e grandes produtores, sendo que parte considerável dos pequenos produtores cearenses se dedica à agricultura de subsistência e não dispõe de instituições que forneçam assistência técnica, além de enfrentar entraves na comercialização, no transporte e na comunicação (KHAN et al., 1999 apud OLIVEIRA et al., 2005). Segundo Souza et al. (2009), dos 27 estados brasileiros, o Ceará apresentou o quinto menor escore de eficiência técnica da agricultura brasileira em 2006, perdendo apenas para Paraíba, Tocantins, Maranhão e Piauí.

Posto isto e dada a grande contribuição do setor agropecuário para a economia cearense, torna-se relevante analisar a eficiência dos municípios cearenses. Estudos que se propõem avaliar a eficiência técnica do setor agropecuário têm sido amplamente realizados na literatura econômica em diferentes recortes geográficos, como em microrregiões

brasileiras, nos estados brasileiros ou em municípios de uma microrregião ou de um Estado. Esses estudos revestem-se de enorme relevância no sentido de identificar os *benchmarks* para que as unidades produtivas menos eficientes possam tomar como referência a ser seguida. De acordo com Almeida (2012), a identificação de ineficiências assume papel fundamental na promoção da competitividade do setor agropecuário, que apresenta instabilidade de mercados e preços, dificultando seu planejamento, além desse setor está concentrado a outros a montante e a jusante.

Os trabalhos desenvolvidos por Nogueira (2005), Almeida (2012) e Barbosa et al. (2013) buscaram analisar a eficiência técnica da agropecuária nas microrregiões brasileiras, sendo que o primeiro empregou os dados do Censo Agropecuário 1995/1996 e os dois últimos utilizaram o Censo Agropecuário 2006. Os escores de eficiência técnica foram mensurados por meio do método de análise envoltória dos dados (DEA) no primeiro e terceiro estudos, enquanto o segundo adotou a estimação da fronteira de produção estocástica para os diferentes tamanhos de estabelecimentos agropecuários. Utilizando essa última ferramenta analítica apontada, Souza et al. (2009) avaliaram a eficiência técnica dos 27 estados brasileiros nos anos 1995/96 e 2006.

Essa temática também tem sido abordada em municípios de uma microrregião, como o estudo de Sena (2005), que mediu o nível de eficiência técnica da agropecuária para 41 municípios da microrregião baiana de Itabuna-Ilhéus, ou em municípios de um Estado, como os realizados por Stuker (2003), Oliveira et al. (2005) e Campos et al. (2012) para 260, 184 e 853 municípios, respectivamente, dos estados de Santa Catarina, Ceará e Minas Gerais. Tais estudos fizeram uso do modelo DEA, sendo que o último tomou como base os dados do Censo Agropecuário 2006, enquanto os demais utilizaram os dados do Censo de 1995/1996.

Este trabalho contribui no sentido de contemplar uma base de dados mais recente disponível e realizar testes para detecção de potenciais *outliers*, com o intuito de removê-los da análise para que tais observações discrepantes não comprometam os resultados. Desta forma, o estudo levou em consideração 167 municípios cearenses.

É imperioso destacar, em face dessas considerações, que o presente estudo busca medir os escores de eficiência técnica e de escala do setor agropecuário para os municípios cearenses.

O artigo está estruturado em três seções, além dessa introdução. Na segunda seção, estão descritos os referenciais teóricos e analíticos, assim como a natureza dos dados. Os resultados são apresentados e discutidos na terceira seção e, por fim, as conclusões e as sugestões são mencionadas na última seção.

## **Metodologia**

Esta seção realiza uma breve descrição dos fundamentos teóricos concernentes à eficiência técnica e de escala. De posse desse embasamento teórico, em seguida, apresenta-se a abordagem analítica, expondo o método não paramétrico de Análise Envoltória de Dados e uma técnica de identificação de *outliers* para remover as observações discrepantes da amostra. Ademais, as variáveis contidas no modelo analítico são especificadas, assim como a fonte dos dados utilizados.

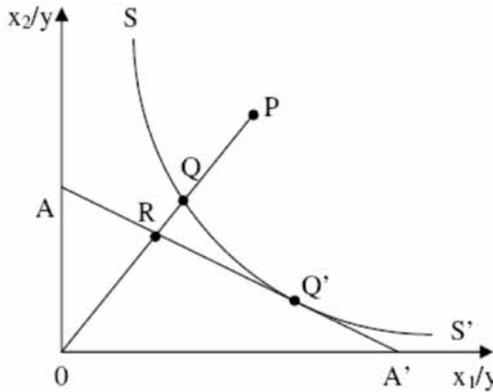
## **Referencial teórico**

A eficiência técnica tem feito parte frequentemente de pesquisas aplicadas às atividades agropecuárias, buscando diagnosticar e identificar as ineficiências existentes nas atividades produtivas, as suas fontes, assim como as unidades que podem servir de referência para o aprimoramento da gestão dos recursos no processo produtivo.

De acordo com Gomes e Baptista (2004), a eficiência econômica total é constituída pela combinação da eficiência técnica, que ocorre quando se obtém o máximo produto a partir de insumos dados, e da eficiência alocativa, que consiste na utilização dos insumos em proporções ótimas, dados seus preços relativos. Para esses autores, as medidas de eficiência podem ser precedidas por duas orientações radiais: orientação insumo, que se fundamenta na redução de insumos, e orientação produto,

que enfatiza o aumento do produto. Neste estudo, adotou-se a orientação insumo, cuja representação gráfica se encontra na Figura 1.

**Figura 1** – Medidas de eficiência com orientação insumo.



Fonte: Gomes e Baptista (2004).

Considere que uma empresa ou unidade tomadora de decisão utilize dois insumos ( $x_1$  e  $x_2$ ) para produzir um único produto ( $y$ ). Admitindo a pressuposição de retornos constantes à escala,  $SS'$  representa a isoquanta totalmente eficiente. Caso outra empresa empregue insumos de forma que esteja no ponto  $P$  da Figura 1 para produzir uma unidade de produto, sua ineficiência técnica poderia ser representada por  $QP$ , que corresponde à quantidade de insumos que pode ser reduzida sem alterar a produção. Em termos percentuais, a eficiência técnica ( $ET$ ) dessa empresa pode ser expressa pela equação (1), descrita a seguir:

$$ET = \frac{OQ}{OP} = 1 - \frac{QP}{OP} \quad (1), \text{ em que } 0 \leq ET \leq 1, \text{ de modo que se o score de eficiência técnica for igual à unidade, a empresa é tecnicamente eficiente, estando sobre a isoquanta eficiente.}$$

A eficiência técnica de uma atividade produtiva está associada à produção de um bem ou serviço com a menor utilização possível de recursos, o que, por sua vez, depende da tecnologia empregada e das formas de combinações de insumos de dada tecnologia (FERREIRA; GOMES, 2009).

Para Gomes e Baptista (2004), a eficiência alocativa (EA) pode ser determinada quando a razão entre os preços dos insumos for conhecida, indicada na Figura 1 como a linha de isocusto AA'. Caso a empresa opere no ponto Q dessa ilustração, então, esse tipo de eficiência pode ser dada pela equação (2):

$$ET = \frac{OQ}{OP} \quad (2).$$

No tocante à eficiência de escala, conforme Nogueira (2005), é possível mensurá-la por meio da razão entre as medidas de eficiência técnica com retornos constantes e as medidas com retornos variáveis, sendo que uma firma terá ineficiência de escala caso a medida da eficiência com retornos constantes diferir da medida com retornos variáveis.

Segundo Gomes e Baptista (2004), uma DMU (*Decision Making Unit*), que se refere a uma unidade tomadora de decisão, opera com retornos constantes à escala quando o escore de eficiência de escala for igual a unidade, porém se a medida de eficiência de escala for menor que um, poderão ocorrer retornos crescentes ou decrescentes à escala. Desta forma, para identificar o tipo de escala de uma DMU, devem-se comparar os coeficientes de eficiência técnica no modelo com retornos não crescentes e no modelo com retornos variáveis, de forma que se esses valores forem distintos, a DMU terá retornos crescentes à escala e se forem iguais, ocorrerá a presença de retornos decrescentes à escala.

## Referencial analítico

### Análise Envoltória de Dados (DEA)

As fronteiras podem ser estimadas por métodos paramétricos via procedimentos econométricos e por métodos não paramétricos. Na abordagem paramétrica, a função de produção precisa ser especificada, constituindo uma dificuldade que cresce quando os processos envolvem múltiplos insumos e produtos. Já a abordagem não paramétrica não se baseia em uma função especificada *a priori* e envolve programação matemática em sua estimação para analisar a eficiência relativa das unidades de produção, o caso do método de Análise Envoltória de

Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA) (GOMES; BAPTISTA, 2004; FERREIRA; GOMES, 2009).

O método DEA é baseado no trabalho proposto por Farrell (1957), generalizado por Charnes et al. (1978), em que foram incluídos múltiplos insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*). Essa técnica permite analisar a eficiência de unidades produtivas (*decision making units – DMUs*) com múltiplos insumos e múltiplos produtos através da construção de uma fronteira de eficiência. Neste trabalho, a DMU representa o município cearense considerado. Conforme Charnes et al. (1994), para que uma DMU seja eficiente, nenhum produto pode ter sua produção aumentada sem que haja aumento no uso de insumos ou reduzida a produção de outro produto e, ou nenhum insumo pode ser reduzido sem ter que reduzir a produção de outro produto.

De acordo com Sena (2005), essa fronteira é formada por seções lineares determinadas pelas combinações convexas do subconjunto de observações eficientes, sendo que cada observação possui um ponto de referência na fronteira concernente a qual seu índice de eficiência determinado e qual sua meta projetada, sendo que as observações mais eficientes dentro do conjunto são as que aparecem com maior frequência servindo como *benchmark* a ser seguido pelas menos eficientes.

Em sua versão inicial, o modelo DEA foi desenvolvido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e ficou conhecido na literatura por modelo CCR devido às iniciais de seus nomes. Esse modelo também é comumente representado por CRS (*Constant Returns to Scale*), haja vista que pressupõe retornos constantes à escala (RCE). Para Coelli et al. (1998), o modelo DEA com retornos constantes, sob a orientação insumo, em que se consideram múltiplos insumos e múltiplos produtos, pode ser expresso por:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta, \text{ sujeito } a: -y_i + Y\lambda \geq 0, \theta x_i - X\lambda \geq 0 \text{ e } \lambda \geq 0, \quad (3),$$

em que  $\theta$  é o escore de eficiência técnica de uma dada DMU;  $y$  é o produto da DMU,  $x$  é o insumo;  $Y$  é a matriz de produtos ( $n \times m$ );  $X$  é a matriz de insumos ( $n \times k$ );  $e$  é o vetor de constantes que multiplica a matriz de insumos e produtos.

Todos os valores de  $\lambda$  serão nulos para uma DMU eficiente, porém, no caso de uma DMU ineficiente, os valores de  $\lambda$  serão os pesos atribuídos na combinação linear de outras DMUs, que influenciam a projeção da DMU ineficiente sobre a fronteira determinada (GOMES; BAPTISTA, 2004).

Ao se incorporar uma restrição de convexidade ao modelo com retornos constantes, obtém-se o modelo com retornos variáveis de escala (RVE), denominado modelo BCC em virtude das iniciais de seus formuladores: Banker, Charnes e Cooper (1984). Esse modelo também é conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*) e pode assumir rendimentos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira eficiente. De acordo com Coelli et al. (1998), o modelo DEA com retornos variáveis pode ser representado por:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} \theta, \text{ sujeito a: } -y_i + Y\lambda \geq 0, \theta x_i - X\lambda \geq 0, N_1' \lambda = 1 \text{ e } \lambda \geq 0(4),$$

em que  $N_1$  é um vetor ( $N \times 1$ ) de algarismos unitários.

Para uma DMU ser eficiente no modelo com retornos constantes, ela deverá necessariamente ser eficiente no modelo com retornos variáveis, porém a recíproca não é verdadeira (COELLI et al., 1998). Se o escore de eficiência técnica for distinto nos dois modelos, significa que a DMU considerada contém ineficiência de escala. Neste sentido, segundo Ferreira e Gomes (2009), a eficiência técnica global das unidades produtivas pode ser decomposta em duas formas de eficiência: a pura eficiência técnica e a eficiência de escala, sendo que esta última corresponde ao quociente entre o escore obtido no modelo CRS e o encontrado no modelo VRS.

Neste estudo, a operacionalização de tais modelos foi realizada por meio do *software* DEAP versão 2.1 (COELLI, 2008). Entretanto, antes de mensurar os escores de eficiência técnica, buscou-se identificar os potenciais *outliers* com o intuito de removê-los da análise, pois, conforme Gomes e Baptista (2004), a presença de apenas uma observação discrepante na amostra influenciará todas as medidas de eficiência.

Desta forma, para que tais resultados não sejam comprometidos e tenham maior robustez, realizou-se o teste proposto por Sousa et al. (2005), que desenvolveram uma técnica de identificação de *outliers* baseado no método Jackstrap, que foi construído tomando como base a combinação do teste Jackknife com o método de reamostragem Bootstrap. A princípio, utilizou-se um subconjunto de L DMU's escolhido de forma aleatória, denominado bolhas, que, conforme esses autores recomendam que sejam considerados entre 10% e 20% do tamanho da população. Seguindo esse critério, adotou-se que as bolhas compoitem 15% do número total de municípios cearenses, que correspondem a 28 DMUs e a técnica do Bootstrap considerou 2.000 replicações. Em seguida, o procedimento consiste em construir uma medida de *leverage* que mede a influência de cada DMU sobre as demais, sendo que aquelas que tiverem maiores influências devem ser descartadas da análise para não comprometer as estimações do DEA. Para esses autores, o ponto de corte recomendado deve tomar como base a função Heaviside, que considera os dados obtidos dos *leverages* e a quantidade de DMUs K, conforme as seguintes especificações:

$$P(\tilde{l}_k) = 1, se \tilde{l}_k \leq \tilde{l} \log K \quad e \quad P(\tilde{l}_k) = 0, se \tilde{l}_k > \tilde{l} \log K \quad (5),$$

em que  $P(\tilde{l}_k)$  é a probabilidade da k-ésima DMU com *leverage* médio  $\tilde{l}_k$  não ser *outlier* e o ponto de corte é definido pelo produto entre o *leverage* médio global  $\tilde{l}$  e o logaritmo de K. Essas técnicas foram operacionalizadas por meio do *software* Jackstrap.exe.

As variáveis consideradas como *inputs* no modelo DEA foram: número de máquinas e implementos agrícolas existentes nos estabelecimentos agropecuários (expressos em unidades); área dos estabelecimentos agropecuários (em hectares) exceto matas e florestas destinadas à área de preservação permanente ou reserva legal, terras degradadas e terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária; despesas correspondentes a salários pagos em dinheiro ou produtos para família e empregados realizados pelo estabelecimento no período de 01/01 a

31/12 (mil reais); e outras despesas operacionais (despesas realizadas com adubos, corretivos do solo, sementes e mudas, sacarias e embalagens, compra de animais, agrotóxicos, medicamentos para animais, rações, compra de matéria-prima para a agroindústria, armazenamento e transporte da produção, impostos, taxas, aluguel de máquinas, energia elétrica e combustível pelo estabelecimento no período de 01/01 a 31/12 (mil reais)) e como *output* do modelo o valor da produção agropecuária (que corresponde à soma entre o valor da produção animal e vegetal, expressa em mil reais).

### Fonte dos dados

Os dados de *inputs* e *output* utilizados no modelo DEA foram obtidos do Censo Agropecuário 2006, contido no Banco de Dados Agregados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013). Essa base de dados dispõe de informações para diferentes níveis territoriais, como região, unidade de federação, mesorregião e microrregião geográfica e município, sendo que se utilizou para este estudo os dados dos municípios cearenses.

### Resultados e discussão

Conforme descrito na metodologia, foram determinados inicialmente os escores de eficiência técnica da agropecuária cearense para 183 dos 184 municípios cearenses, uma vez que o município de Altaneira não fez parte da análise em virtude da inexistência de máquinas e implementos agrícolas nos seus estabelecimentos agropecuários. Além desse município, o método Jackstrap indicou a presença de 16 *outliers* tomando como base a linha de corte recomendada pela função Heaviside. Portanto, seguindo tais critérios, esses municípios que apresentaram níveis de eficiência atípicos foram descartados da análise e replicou-se a estimação dos índices de eficiência para 167 municípios.

Rastreando as informações desses municípios indicados como *outliers*, verifica-se que a maioria apresentou extraordinários níveis de

produtividade para alguns dos fatores analisados como é o caso, por exemplo, dos municípios de Uruburetama e Fortaleza, que perfizeram produtividade média do fator terra 58 e 53 vezes superior, respectivamente, a média dos 167 municípios analisados. Em contrapartida, municípios como Milhã e Catunda foram apontados pelo método Jackstrap como *outliers* e apresentaram produtividade média dos fatores capital e terra cerca de três e duas vezes inferiores a média dos demais municípios analisados, respectivamente.

A Tabela 1 informa as principais estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na estimação da fronteira de produção da agropecuária cearense. A partir dos coeficientes de variação, constata-se que todas as variáveis consideradas neste estudo apresentam elevada heterogeneidade entre os municípios cearenses. Dentre elas, o fator trabalho, representado pelas despesas com salários pagos, e o fator capital, representado pela quantidade de máquinas e implementos agrícolas se destacam com as maiores variabilidades.

Em relação ao fator trabalho, nota-se grande variabilidade, principalmente quando se compara os municípios de Barbalha, que apresenta a maior despesa com salários pagos em dinheiro ou em produtos para família e para empregados realizadas pelo estabelecimento agropecuário (R\$ 40.723,00 em 2006) do estado do Ceará e General Sampaio, que teve o menor dispêndio com salários pagos (R\$ 57,00 em 2006), situados, respectivamente, nas mesorregiões Sul e Norte de Estado.

Quanto ao capital, percebe-se que a maior dispersão ocorre entre os municípios de Martinópolis, localizado na mesorregião Noroeste cearense, que dispõe de apenas 6 máquinas e implementos agrícolas, e o município de Iguatu, que faz parte da mesorregião Centro-Sul, e detém 8.002 máquinas e implementos agrícolas. O município de Iguatu também lidera o maior valor da produção (R\$ 115.771,00 em 2006) do estado do Ceará, enquanto o município de Pacujá, pertencente à mesorregião do Noroeste detém o menor valor produzido (R\$ 723,00 em 2006). Analisando a amostra completa de municípios sem a remoção dos *outliers*, verifica-se que a heterogeneidade entre os municípios no tocante ao valor da produção é mais expressiva.

Além das despesas com salários pagos, os estabelecimentos agropecuários incorrem em diversas despesas operacionais, que também apresentam enorme heterogeneidade, principalmente quando se compara os valores mínimos e máximos despendidos pelos municípios cearenses, como é caso de Guaramiranga, localizado no norte cearense, que despendeu 240,00 mil reais em 2006, ao passo que Aracati, pertencente à mesorregião do Jaguaribe, registrou uma despesa de 35.458,00 mil reais em 2006.

**Tabela 1** – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na mensuração dos escores de eficiência técnica da agropecuária cearense por meio do modelo DEA

Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão	CV* (%)
Valor da produção (mil reais)	723,00	17.524,78	115.771,00	19.779,43	112,87
Nº. máquinas e implementos agrícolas	6	676,76	8.002	966,45	142,80
Área dos estabelecimentos (ha.)	1.603	41.451,19	259.225,00	42.879,57	103,45
Despesas com salários (mil reais)	57,00	1.640,20	40.723,00	3.833,85	233,74
Despesas operacionais (mil reais)	240,00	4.259,22	35.458,00	5.382,97	126,38

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota: \* Representa coeficiente de variação.

A área dos estabelecimentos agropecuários apresentou o menor coeficiente de variação entre os dados analisados embora seja possível observar uma expressiva variabilidade, visto que Maracanaú, localizado na mesorregião Metropolitana, possui 1.603 hectares, enquanto que Tauá, sediado nos Sertões cearense, dispõe de 259.225 hectares destinados às atividades agropecuárias.

A distribuição das frequências absolutas e relativas da agropecuária nos municípios cearenses em classes de eficiências técnica e de escala, sob a orientação 'insumo', é mostrada na Tabela 2. De posse desses dados, constata-se que, dos 167 municípios cearenses enfocados, 72 deles, correspondente a 43,11%, que representa a maior participação relativa dentre os intervalos em análise, apresentou escore de eficiência da agropecuária entre 0,25 e 0,50 quando se considera a pressuposição de retornos constantes à escala. Em contrapartida, 22 municípios foram classificados como totalmente eficientes neste setor, ou seja,

estão alocando seus recursos de forma eficiente. Portanto, obtiveram, em termos médios, as maiores produtividades dos fatores de produção (terra, capital e trabalho).

No caso do modelo VRS, em que se inclui uma restrição de convexidade, a maior predominância de municípios cearenses avaliados também se encontra na classe de eficiência entre 0,25 e 0,50, já que 35,93% dos municípios, que contemplam 60 dos 167, estão concentrados neste intervalo, enquanto 43 municípios obtiveram a máxima eficiência. Isso significa que 21 municípios a mais do que no modelo CRS encontram-se na fronteira de retornos variáveis, porém não fazem parte da fronteira de retornos constantes, sinalizando que tais municípios não possuem problemas de uso excessivo de insumos, mas tiveram problemas quanto à escala inadequada de produção.

**Tabela 2** – Distribuições das frequências absolutas e relativas da agropecuária cearense segundo intervalos de medidas de eficiências técnicas e de escala

Medidas de eficiência	Eficiência Técnica				Eficiência de Escala	
	CRS		VRS		fi	%
	fi	%	fi	%		
E < 0,25	20	11,98	8	4,79	1	0,60
0,25 ≤ E < 0,50	72	43,11	60	35,93	11	6,59
0,50 ≤ E < 0,75	31	18,56	33	19,76	27	16,17
0,75 ≤ E < 1,0	22	13,17	23	13,77	104	62,28
E = 1,0	22	13,17	43	25,75	24	14,37
Total	167	100,00	167	100,00	167	100,00
Mínimo	0,14		0,20		0,21	
Média	0,55		0,65		0,85	
Máximo	1,00		1,00		1,00	
Desvio padrão	0,27		0,27		0,18	
CV* (%)	49,74		42,08		21,30	

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Nota: \* Representa coeficiente de variação.

Em relação à eficiência de escala, os dados evidenciam que parcela majoritária dos municípios considerados neste estudo (62,28%) registrou escores de eficiência entre 0,75 e 1,00, sendo que 24 alcançaram a máxima eficiência de escala. Dentre esses municípios plenamente eficientes quanto à escala, verifica-se que 22 atingiram o valor unitário devido ao fato de terem obtido a eficiência total nos modelos com retornos constantes e

variáveis de escala e 2 (Alto Santo e Missão Velha) alcançaram esse valor máximo em virtude de ter registrado o mesmo escore de eficiência técnica nos modelos com retornos constantes e variáveis de escala.

A partir dos resultados revelados na Tabela 2 também se verifica que, no modelo com retornos constantes de escala, os municípios cearenses podem diminuir, em média, 45% do uso de seus insumos, sem comprometer a produção agropecuária. Admitindo a pressuposição de retornos variáveis de escala, uma redução média de 35% do emprego dos fatores de produção faz com que os municípios cearenses ineficientes passem a fazer parte da fronteira de retornos variáveis. Em termos médios de eficiência de escala, observa-se que os municípios considerados podem ampliar suas escalas de produção agropecuária em 15%.

Os valores dos coeficientes de variação descritos nesta tabela mostram ainda que existe uma menor dispersão dos agropecuaristas cearenses em termos da escala de produção do que em relação ao uso incorreto dos fatores produtivos. Essa menor heterogeneidade presente na escala de produção do que no emprego indevido de insumos também foi corroborada nos estudos desenvolvidos por Sousa e Justo (2011) e Barbosa e Sousa (2012), respectivamente, para os produtores cearenses de frutas e mel.

A Tabela 3 contém a participação relativa da agropecuária em intervalos de eficiência técnica desagregada para cada uma das sete mesorregiões cearenses, adotando-se as pressuposições de retornos constantes e variáveis de escala. Como se observa, o estado do Ceará apresenta baixo nível de eficiência técnica da agropecuária em todas as mesorregiões, sendo que os piores resultados foram evidenciados nas mesorregiões do Jaguaribe e Centro-Sul.

No caso da mesorregião do Jaguaribe, os dados indicam que 61,90% e 57,14% dos municípios analisados apresentam nível de eficiência técnica abaixo de 0,50, respectivamente, sob as pressuposições de retornos constantes e variáveis de escala. Isso indica que dos 21 municípios considerados neste estudo como pertencentes a essa mesorregião, 13 e 12, respectivamente, nos modelos CRS e VRS,

possuem escores de eficiência técnica, inferiores a 0,50, sendo que a situação ainda é mais crítica para os municípios de Alto Santo, Iracema, Morada Nova e Ibicuitinga que não atingiram o escore de eficiência de 0,25 no modelo CRS. Dentre esses, somente este último município referenciado mudou de classe quando se considera o modelo VRS. Por outro lado, os municípios de Aracati e Quixeré foram apontados como sendo completamente eficientes no modelo CRS. Além desses dois, Itaíçaba e Limoeiro do Norte passaram a ser considerados como totalmente eficientes quando se inclui uma restrição de convexidade. Vale destacar ainda que conforme os testes realizados, nenhum município dessa mesorregião atuou como *outlier*, logo todos foram considerados no estudo.

Quanto à mesorregião do Centro-Sul, verifica-se que 61,54% dos municípios possuem nível de eficiência técnica da agropecuária abaixo de 0,50 em ambos os modelos investigados, ou seja, dos 13 municípios pertencentes a essa mesorregião (o município de Antonina do Norte foi retirado deste estudo devido ter sido indicado pelos testes realizados como *outlier*), 8 deles se encontram nas duas menores classes de eficiência técnica considerada, sendo que o município de Orós não obteve nem 0,25 de eficiência técnica na agropecuária em ambos os modelos analisados. Em contrapartida, os municípios de Cedro, Iguatu e Ipaumirim mostraram-se totalmente eficientes nos modelos CRS e VRS.

**Tabela 3** – Distribuição da frequência relativa da agropecuária cearense segundo classes de eficiência técnica com retornos constantes à escala (CRS) e com retornos variáveis à escala (VRS)

Mesorregiões cearenses	Classes de eficiência técnica									
	E < 0,25		0,25 ≤ E < 0,50		0,50 ≤ E < 0,75		0,75 ≤ E < 1,0		E = 1,0	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
Noroeste	14.29	4.76	35.71	19.05	26.19	30.95	9.52	11.90	14.29	33.33
Norte	10.34	6.90	44.83	31.03	10.34	20.69	13.79	10.34	20.69	31.03
Metropolitana	10.00	0.00	30.00	30.00	10.00	10.00	40.00	20.00	10.00	40.00
Sertões	6.90	0.00	51.72	51.72	20.69	17.24	13.79	17.24	6.90	13.79
Jaguaribe	19.05	14.29	42.86	42.86	23.81	14.29	4.76	9.52	9.52	19.05
Centro-Sul	7.69	7.69	53.85	53.85	7.69	7.69	7.69	7.69	23.08	23.08
Sul	13.04	0.00	43.48	39.13	17.39	17.39	17.39	21.74	8.70	21.74
CEARÁ	11.98	4.79	43.11	35.93	18.56	19.76	13.17	13.77	13.17	25.75

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota: E corresponde ao escore de eficiência técnica.

No Sul cearense, pode-se inferir que dos 23 municípios considerados, 13 (56,52%) e 9 (39,13%), respectivamente, nos modelos com retornos constantes e variáveis de escala, estão com eficiência técnica da agropecuária menor que 0,50, sendo que os municípios de Barbalha, Milagres e Penaforte não obtiveram nem 0,25 no modelo CRS. Por outro lado, os municípios de Araripe e Assaré atingiram a máxima eficiência técnica em ambos os modelos avaliados. Além desses, os municípios de Granjeiro, Jati e Mauriti serviram como referência a ser seguida pelos demais diante da pressuposição de retornos variáveis de escala.

A eficiência da agropecuária cearense também é muito baixa para grande parte dos municípios que fazem parte da mesorregião dos Sertões, visto que dos 29 municípios considerados neste estudo como pertencentes a essa mesorregião (o município de Milhã foi removido da análise devido ao fato dos testes terem sinalizado como *outilier*), 17 (58,62%) e 15 (51,72%) desses municípios apresentam escores de eficiência inferior a 0,50, respectivamente, nos modelos CRS e VRS. Ademais, os municípios de Novo Oriente e Piquet Carneiro registraram escore de eficiência igual a unidade nos modelos CRS e VRS, enquanto os municípios de Boa Viagem e Crateús obtiveram a máxima eficiência quando se inclui uma restrição de convexidade.

Apesar das mesorregiões do Norte e Noroeste cearense terem resultados levemente melhores que os descritos pelas outras regiões, também não são tão satisfatórios, visto que 55,17% e 50% dos municípios que compõem essas regiões estão com níveis de eficiência técnica inferiores a 0,50, respectivamente, no modelo CRS, e 37,93% e 23,81%, no modelo VRS. Em contrapartida, os municípios de Apuiarés, Canindé, Guarimiranga, Itapipoca, Palmácia e Tururu, localizadas no Norte do Estado; e Barroquinha, Croatá, Guaraciaba do Norte, Ipueiras, Meruoca e Ubajara, pertencentes ao Noroeste cearense, foram apontados como *benchmark*, em que se obtiveram escores de eficiência técnica iguais a unidade em ambos os modelos investigados. É válido mencionar ainda que, conforme os critérios para detecção dos *outliers*, foram descartados 7 e 5 municípios, respectivamente dessas mesorregiões.

Os municípios da mesorregião Metropolitana de Fortaleza tiveram o melhor nível de eficiência técnica da agropecuária cearense, uma vez que 40% dos municípios analisados apresentaram a máxima eficiência sob a pressuposição de retornos variáveis de escala. De acordo com Sousa et al. (2011), essa região se destacou com o maior índice médio de inovações tecnológicas para a fruticultura irrigada cearense, podendo ser atribuído à proximidade desta região com a capital cearense, em que se adquirem máquinas e implementos agrícolas que podem gerar melhorias tecnológicas, assim como acesso a programas de capacitação e novas formas de comercialização e distribuição dos produtos. Esses fatores também podem ter influenciado a obtenção de tais escores de eficiência técnica da agropecuária por essa região.

Ademais, vale ressaltar que seguindo o critério de descarte estabelecido pela função de Heaviside, somente a capital cearense, que faz parte desta mesorregião ficou de fora da análise por ter sido indicada como *outlier* pelo teste de Jackstrap.

Como se constata a partir da Tabela 2, a presença de ineficiência de escala no setor agropecuário para grande parte dos municípios cearenses investigados, torna-se relevante identificar as fontes dessa ineficiência. Em outros termos, é importante verificar os tipos de rendimentos de escala (crescente, decrescente ou constante de escala) que predominam

nos municípios cearenses. Essas informações são apresentadas na Tabela 4, indicando que os retornos crescentes de escala prevalecem em todas as mesorregiões cearenses, com exceção apenas da região Metropolitana de Fortaleza, que apresentou uma maior participação relativa de municípios operando com retornos decrescentes de escala. Isso significa dizer que, excetuando a mesorregião Metropolitana, em todas as demais, o acréscimo da produção se dá em virtude da presença de custos médios decrescentes.

**Tabela 4** – Distribuições absolutas e relativas da agropecuária nas mesorregiões cearenses segundo os tipos de retornos de escala.

Mesorregiões	Número de municípios	Tipos de retornos de escala					
		Crescente		Constante		Decrescente	
		fi	%	fi	%	fi	%
Norte	42	28	66,67	6	14,29	8	19,05
Noroeste	29	16	55,17	6	20,69	7	24,14
Metropolitana	10	4	40,00	1	10,00	5	50,00
Sertões	29	16	55,17	2	6,90	11	37,93
Jaguaribe	21	12	57,14	3	14,29	6	28,57
Centro-Sul	13	9	69,23	3	23,08	1	7,69
Sul	23	15	65,22	3	13,04	5	21,74
<b>CEARÁ</b>	<b>167</b>	<b>100</b>	<b>59,88</b>	<b>24</b>	<b>14,37</b>	<b>43</b>	<b>25,75</b>

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa.

Além de mostrar as participações absolutas e relativas da agropecuária nos municípios e nas mesorregiões cearenses em intervalos de classes de eficiência técnica admitindo a pressuposição de retornos constantes e variáveis de escala, também é relevante conhecer os valores médios do *output* e *inputs* por estabelecimento agropecuário ao invés de centrar somente na análise dessas variáveis em termos médios por município em questão, como se observou na Tabela 1. Para contemplar esse enfoque, a Tabela 5 apresenta as produtividades dos fatores produtivos e o uso dessas dotações de recursos considerando os municípios que não atingiram a máxima eficiência e os totalmente eficientes nos modelos CRS e VRS.

Conforme se observa, em termos médios, um estabelecimento agropecuário no estado do Ceará utiliza aproximadamente 20 hectares de terra; 0,3 máquinas e implementos agrícolas por ano; realiza um custo anual com salários de R\$ 774,90 e com despesas operacionais de R\$ 2.012,30, obtendo uma produção de R\$ 8.279,69. Ao se proceder a análise por grupos de eficiência, nota-se que o valor da produção é maior no grupo dos municípios cearenses totalmente eficientes do que no grupo que não alcançaram a máxima eficiência tanto no modelo com retornos constantes de escala quanto no modelo com retornos variáveis de escala. Esse resultado também é encontrado no estudo desenvolvido por Santos e Fernandes (2009) que mensuraram a eficiência do setor agropecuário nas microrregiões do Rio Grande do Sul.

Com base nos dados descritos na Tabela 5, constata-se que, em termos relativos, há um acréscimo de 85,39% e 125,45% no valor da produção no grupo dos municípios cearenses totalmente eficientes em relação aos municípios com escore de eficiência menor que a unidade. Isso indica que os municípios com máxima eficiência que obtiveram maior valor de produção requerem maiores gastos com os fatores, sendo evidenciada pela presença de maiores dispêndios com salários e demais custos operacionais, propiciando ganhos de produtividades destes fatores.

**Tabela 5** – Valor da produção, uso dos fatores terra, capital e trabalho e produtividade dos fatores por estabelecimento agropecuário no Ceará.

Especificação	Unidade	CRS		VRS		Média
		E < 1,0	E = 1,0	E < 1,0	E = 1,0	
Produção	R\$	7.378,82	13.679,78	6.316,85	14.241,09	8.279,69
Terra	Hectare	20,66	13,15	21,03	15,18	19,58
Capital	Unidade	0,31	0,36	0,32	0,32	0,32
Trabalho	R\$	734,35	1.018,13	675,07	1.078,19	774,92
Despesas operacionais	R\$	1.891,71	2.735,12	1.700,74	2.958,54	2.012,30
Produtividade da terra	R\$/hectare	357,22	1.039,96	300,32	938,08	422,78
Produtividade do capital	R\$/unidade	23.615,27	37.646,21	19.661,48	45.201,34	25.895,10
Produtividade do trabalho		10,05	13,44	9,36	13,21	10,68

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Nota: E corresponde ao escore de eficiência técnica.

A Tabela 6 replica a análise dos valores médios das variáveis incluídas no estudo por estabelecimento agropecuário, assim como das produtividades médias dos fatores considerando as mesorregiões cearenses. Esses dados indicam que o maior uso do fator terra foi verificado nas mesorregiões Sertões e Jaguaribe com cerca de 29 e 27 hectares de terra, respectivamente, excedendo a média estadual (20 hectares). Em relação ao fator capital, as mesorregiões Centro-Sul, Jaguaribe e Sul também apresentaram as maiores quantidades médias de máquinas e implementos agrícolas (0,58; 0,55 e 0,46, respectivamente) superior à média cearense (0,32), porém esses números são muito baixo. O fator trabalho se mostrou mais intensivo nas mesorregiões Metropolitana e Jaguaribe. Verifica-se também que a mesorregião Metropolitana de Fortaleza apresentou o maior valor de produção, que está associado ao fato dessa mesorregião ter registrado os maiores gastos com salários e demais despesas operacionais.

**Tabela 6** – Valor da produção, uso dos fatores e produtividade dos fatores por estabelecimento agropecuário em termos médios para as mesorregiões do estado do Ceará.

Mesorregiões cearenses	Especificação							
	Produção (R\$)	Terra (ha.)	Capital (unid.)	Trabalho (R\$)	Despesas operacionais	Produtividades		
						Terra	Capital	Trabalho
Noroeste	6.004,99	16,99	0,17	518,88	1.702,70	353,44	36.210,25	11,57
Norte	9.183,09	14,51	0,28	772,07	1.634,27	633,05	32.791,79	11,89
Metropolitana	19.701,97	13,39	0,22	2.115,63	8.022,82	1.470,92	88.229,94	9,31
Sertões	6.848,22	28,87	0,23	297,86	1.347,09	237,19	30.040,36	22,99
Jaguaribe	15.263,15	26,82	0,55	2.114,76	4.674,38	569,11	27.619,83	7,22
Centro-Sul	8.148,77	14,23	0,58	307,12	1.572,69	572,63	13.960,14	26,53
Sul	5.723,06	12,59	0,46	1.089,27	1.033,24	454,68	12.529,22	5,25

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

De posse desses resultados, constata-se que, em geral, as mesorregiões cearenses apresentaram escores muito baixos de eficiência técnica da agropecuária, como verificado pela Tabela 3. Esse resultado sinaliza que tais regiões não estão alocando seus fatores produtivos de forma adequada. Assim, a Tabela 7 apresenta o número de municípios que apresentaram uso excessivo de insumos.

No tocante ao fator capital, representado pelo número de máquinas e equipamentos, observa-se que as mesorregiões do Sul e do Norte tiveram o maior número de municípios que não estão utilizando este fator de modo eficiente. Quanto ao fator terra, indicado pela área dos estabelecimentos agropecuários, os dados evidenciam que os Sertões do estado do Ceará apresentaram maior deficiência com relação à adoção deste fator, uma vez que dos 19 municípios cearenses que apresentaram problema no uso deste fator, 9 deles se encontram nessa mesorregião, sendo que 6 municípios tiveram problema na alocação de dois fatores simultaneamente.

**Tabela 7** – Número de municípios cearenses que apresentaram uso excessivo dos fatores produtivos (slacks) na agropecuária

Mesorregiões cearenses	Máquinas e implementos agrícolas	Área dos estabelecimentos	Despesas com salários	Despesas operacionais
Noroeste	1	5	4	2
Norte	7	2	2	1
Metropolitana	0	0	0	2
Sertões	5	9	2	2
Jaguaribe	2	1	1	3
Centro-Sul	1	1	0	0
Sul	9	1	1	3
CEARÁ	25	19	10	13

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Essas informações também mostram que as despesas com salários foram empregadas de forma mais ineficiente na mesorregião Noroeste cearense, já que dos 10 municípios que não estão alocando esse fator devidamente, 4 deles pertencem a essa mesorregião. Verifica-se ainda que as despesas operacionais não estão sendo utilizadas de forma apropriada em todas as mesorregiões, com exceção do Centro-Sul, que também não registrou problema quanto ao uso da despesa com salários pagos. Em contrapartida, a mesorregião Metropolitana de Fortaleza somente detectou problema quanto ao uso das despesas operacionais, sinalizando que os recursos com os demais fatores estão sendo alocados de forma eficiente.

## **Conclusões e sugestões**

Os resultados do método de análise envoltória dos dados permitem inferir que dos 167 municípios cearenses que fizeram parte do estudo, 43 deles podem ser classificados como totalmente eficientes no setor agropecuário quando se inclui uma restrição de convexidade, sendo que 21 desses municípios apresentam problemas quanto à escala inadequada de produção.

Verifica-se que os municípios cearenses podem diminuir, em média, o uso de insumos em 45% sem comprometer a produção agropecuária no modelo com retornos constantes de escala. Em termos médios, essa redução deve ser de 35% para que tais municípios ineficientes passem a fazer parte da fronteira de retornos variáveis. As escalas de produção agropecuária podem ser expandidas em 15% conforme o valor médio encontrado para a eficiência de escala.

A eficiência da agropecuária cearense também foi analisada para as sete mesorregiões cearenses. Os dados mostraram que os níveis de eficiência técnica desse setor são muito baixos nessas diferentes regiões, em que 92 e 68 municípios apresentam escores de eficiência técnica menores que 0,50, respectivamente sob a pressuposição de retornos constantes e variáveis de escala. Dentre tais regiões, os piores resultados foram evidenciados nas mesorregiões do Jaguaribe e do Centro-Sul. Em contrapartida, a mesorregião Metropolitana de Fortaleza registrou os melhores índices de eficiência técnica, podendo ser atribuídos à alocação adequada dos fatores produtivos e a adoção de inovações tecnológicas, em que se obtiveram as maiores produtividades desses fatores.

Portanto, a incorporação de novas tecnologias que impulse a produtividade dos fatores de produção, o investimento em infraestrutura, assim como o acesso a programas de capacitação e novas formas de comercialização e de distribuição dos produtos pode induzir a uma melhoria da eficiência técnica da agropecuária nos municípios do Estado do Ceará.

Ademais, constata-se a predominância dos retornos crescentes de escala em todas as mesorregiões cearenses, com exceção apenas da região Metropolitana de Fortaleza, que apresentou uma maior participação relativa de municípios operando com retornos decrescentes de escala.

Por fim, sugerem-se, em estudos posteriores, que sejam identificados os fatores que influenciam a eficiência técnica da agropecuária nos municípios cearenses ao longo de pontos distintos da distribuição dos escores de eficiência, assim como seja replicada essa análise para outros espaços geográficos.

### Referências

ALMEIDA, P. N. A. *Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006*. Piracicaba, SP: 2012. 205 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

BANKER, R. D.; CHARNES, H.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BARBOSA, W. F.; SOUSA, E. P. Análise econômica da eficiência técnica dos produtores de mel da microrregião do Cariri, Ceará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 50., 2012, Vitória (ES). *Anais...* Vitória (ES): SOBER, 2012.

BARBOSA, W. F.; SOUSA, E. P.; AMORIM, A. L.; CORONEL, D. A. Eficiência técnica da agropecuária nas microrregiões brasileiras. *Ciência Rural*, Santa Maria (RS), v. 43, n. 11, p. 2115-2121, 2013.

CAMPOS, S. A.; COELHO, A. B.; GOMES, A. P. Influência das condições ambientais e ação antrópica sobre a eficiência produtiva agropecuária em Minas Gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba, v. 50, n. 3, p. 563-576, 2012.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. *Data envelopment analysis: theory, methodology, and application*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.

COELLI, T.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Norwell: Kluwer Academic, 1998.

COELLI, T. *A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*. CEPA Working Paper 96/08. Australia: University of New England, 2008.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, part III, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. *Introdução à análise envoltória de dados: teoria, modelos e aplicações*. Viçosa: Editora da UFV, 2009.

FERREIRA, M. O. *Crescimento e transformações estruturais da agropecuária cearense*. 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

GASQUES, J. G. G. et al. Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: Análise dos dados dos censos agropecuários. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande-MS. *Anais...* Campo Grande-MS: SOBER, 2010.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise Envoltória de Dados. In: SANTOS, M. L.; VIEIRA, W.C. (Ed.). *Métodos quantitativos em economia*. Viçosa: Editora da UFV, 2004. p. 121-160.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Agropecuário 2006*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 fev. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). *Contribuição da agropecuária brasileira na construção de uma sociedade sem fome e sem miséria e de uma economia sustentável*. Brasília, 2012.

NOGUEIRA, M. A. *Eficiência técnica na agropecuária das microrregiões brasileiras*. 2005. 105 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

OLIVEIRA, M. A. S.; SILVA, R. G.; BAPTISTA, A. J. M. Determinantes da estratificação da eficiência técnica no Ceará: uma abordagem multinomial. *Revista RV Economia*, Rio Verde (GO), v. 6, p. 36-44, 2005.

PEREIRA, M. F. *Evolução da fronteira tecnológica múltipla e da produtividade total dos fatores do setor agropecuário brasileiro de 1970 a 1996*. 1999. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

SANTOS, C. M.; FERNANDES, R. A. S. Eficiência técnica no setor agropecuário das microrregiões do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009. *Anais...* Porto Alegre, RS: SOBER, 2009.

SENA, N. A. M. O. *Fronteira tecnológica, alocação de fatores e eficiência na agropecuária da microrregião Itabuna-Ilhéus, estado da Bahia*. 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2005.

SOUSA, M. C. S.; CRIBARI NETO, F.; STOSIC, B. D. Explaining DEA technical efficiency scores in an outlier corrected environment: the case of public services in Brazilian municipalities. *Brazilian Review of Econometrics*, v. 25, n. 2, p. 287-313, 2005.

SOUSA, E. P.; JUSTO, W. R. Eficiência técnica da fruticultura irrigada no Ceará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 49., 2011, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: SOBER, 2011.

SOUSA, E. P.; JUSTO, W. R.; CAMPOS, A. C. Determinantes das escolhas inovativas e de aprendizagem dos fruticultores cearenses. *Revista de Economia e Agronegócio*, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 421-440, 2011.

SOUZA, G. S. et al. Technical efficiency in Brazilian agriculture: a stochastic frontier approach. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: SOBER, 2009.

STUKER, H. *Uma metodologia de avaliação da eficiência agropecuária de municípios*. 2003. 131 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

**Anexo – Medidas de eficiência técnica e de escala da agropecuária nos municípios cearenses**

*(continua)*

Mesorregião	Município	Eficiência técnica		Eficiência de escala
		CRS	VRS	
Sul	Abaiara	0,707	0,766	0,923
Norte	Acarape	0,422	0,86	0,491
Noroeste	Acaraú	0,546	0,619	0,882
Sertões	Acopiara	0,291	0,297	0,980
Sertões	Aiuaba	0,433	0,472	0,917
Noroeste	Alcântaras	0,667	1,000	0,667
Jaguaribe	Alto Santo	0,222	0,222	1,000
Norte	Amontada	0,326	0,339	0,962
Norte	Apuiarés	1,000	1,000	1,000
Metropolitana	Aquiraz	0,974	1,000	0,974
Jaguaribe	Aracati	1,000	1,000	1,000
Norte	Aracoiaba	0,321	0,337	0,953
Sertões	Ararendá	0,287	0,456	0,629
Sul	Araripe	1,000	1,000	1,000
Sertões	Arneiroz	0,187	0,406	0,461
Sul	Assaré	1,000	1,000	1,000
Sul	Aurora	0,629	0,631	0,997
Centro-Sul	Baixio	0,26	0,466	0,558
Sertões	Banabuiú	0,478	0,499	0,958
Sul	Barbalha	0,189	0,302	0,626
Norte	Barreira	0,229	0,231	0,991
Sul	Barro	0,41	0,48	0,854
Noroeste	Barroquinha	1,000	1,000	1,000
Norte	Baturité	0,593	0,613	0,967
Norte	Beberibe	0,945	1,000	0,945

*(continua)*

Mesorregião	Município	Eficiência técnica		Eficiência de escala
		CRS	VRS	
Noroeste	Bela Cruz	0,659	0,677	0,973
Sertões	Boa Viagem	0,881	1,000	0,881
Sul	Brejo Santo	0,757	0,826	0,916
Noroeste	Camocim	0,868	1,000	0,868
Sul	Campos Sales	0,477	0,629	0,758
Norte	Canindé	1,000	1,000	1,000
Norte	Capistrano	0,869	0,908	0,957
Norte	Caridade	0,143	0,247	0,579
Noroeste	Cariré	0,267	0,316	0,845
Sul	Caririaçu	0,268	0,308	0,870
Centro-Sul	Cariús	0,451	0,498	0,906
Noroeste	Carnaubal	0,412	0,599	0,688
Norte	Cascavel	0,571	0,734	0,778
Sertões	Catarina	0,28	0,362	0,773
Metropolitana	Caucaia	0,413	0,436	0,947
Centro-Sul	Cedro	1,000	1,000	1,000
Noroeste	Chaval	0,582	1,000	0,582
Sertões	Choró	0,477	0,568	0,840
Norte	Chorozinho	0,363	0,405	0,896
Sertões	Crateús	0,908	1,000	0,908
Sul	Crato	0,416	0,435	0,956
Noroeste	Croatá	1,000	1,000	1,000
Noroeste	Cruz	0,648	0,662	0,979
Sertões	Deputado Irapuan Pinheiro	0,58	0,753	0,770
Jaguaribe	Ererê	0,267	0,403	0,663

*(continua)*

Mesorregião	Município	Eficiência técnica		Eficiência de escala
		CRS	VRS	
Metropolitana	Eusébio	0,404	0,429	0,942
Sul	Farias Brito	0,834	0,901	0,926
Noroeste	Forquilha	0,46	0,558	0,824
Jaguaribe	Fortim	0,336	0,439	0,765
Noroeste	Frecheirinha	0,837	1,000	0,837
Norte	General Sampaio	0,334	1,000	0,334
Noroeste	Graça	0,303	0,701	0,432
Noroeste	Granja	0,33	0,339	0,973
Sul	Granjeiro	0,458	1,000	0,458
Noroeste	Groaíras	0,225	0,58	0,388
Metropolitana	Guaiúba	0,707	0,795	0,889
Noroeste	Guaraciaba do Norte	1,000	1,000	1,000
Norte	Guaramiranga	1,000	1,000	1,000
Noroeste	Hidrolândia	0,375	0,443	0,847
Metropolitana	Horizonte	1,000	1,000	1,000
Sertões	Ibaretama	0,397	0,402	0,988
Noroeste	Ibiapina	0,815	0,903	0,903
Jaguaribe	Ibicuitinga	0,203	0,297	0,684
Jaguaribe	Icapuí	0,716	0,826	0,867
Centro-Sul	Icó	0,333	0,339	0,982
Centro-Sul	Iguatu	1,000	1,000	1,000
Sertões	Independência	0,778	0,799	0,974
Sertões	Ipaporanga	0,798	0,806	0,990
Centro-Sul	Ipamirém	1,000	1,000	1,000
Noroeste	Ipu	0,633	0,657	0,963
Noroeste	Ipueiras	1,000	1,000	1,000

*(continua)*

Mesorregião	Município	Eficiência técnica		Eficiência de escala
		CRS	VRS	
Jaguaribe	Iracema	0,182	0,217	0,839
Noroeste	Irauçuba	0,184	0,238	0,773
Jaguaribe	Itaiçaba	0,627	1,000	0,627
Metropolitana	Itaitinga	0,383	0,734	0,522
Norte	Itapipoca	1,000	1,000	1,000
Norte	Itapiúna	0,92	0,947	0,971
Noroeste	Itarema	0,623	0,735	0,848
Norte	Itatira	0,452	0,632	0,715
Jaguaribe	Jaguaretama	0,422	0,423	0,998
Jaguaribe	Jaguaribara	0,852	0,893	0,954
Jaguaribe	Jaguaribe	0,274	0,296	0,926
Jaguaribe	Jaguaruana	0,422	0,436	0,968
Sul	Jardim	0,539	0,561	0,961
Sul	Jati	0,954	1,000	0,954
Noroeste	Jijoca de Jericoacoara	0,216	0,506	0,427
Sul	Juazeiro do Norte	0,417	0,431	0,968
Centro-Sul	Jucás	0,905	0,911	0,993
Centro-Sul	Lavras da Mangabeira	0,273	0,291	0,938
Jaguaribe	Limoeiro do Norte	0,683	1,000	0,683
Sertões	Madalena	0,721	0,756	0,954
Metropolitana	Maracanaú	0,886	1,000	0,886
Metropolitana	Maranguape	0,803	1,000	0,803
Noroeste	Marco	0,21	0,253	0,830
Noroeste	Martinópolis	0,715	1,000	0,715
Noroeste	Massapê	0,403	0,411	0,981
Sul	Mauriti	0,967	1,000	0,967

*(continua)*

Mesorregião	Município	Eficiência técnica		Eficiência de escala
		CRS	VRS	
Noroeste	Meruoca	1,000	1,000	1,000
Sul	Milagres	0,223	0,268	0,832
Noroeste	Miraíma	0,306	0,532	0,575
Sul	Missão Velha	0,343	0,343	1,000
Sertões	Mombaça	0,628	0,71	0,885
Sertões	Monsenhor Tabosa	0,489	0,569	0,859
Jaguaribe	Morada Nova	0,223	0,238	0,937
Noroeste	Moraújo	0,559	1,000	0,559
Noroeste	Morrinhos	0,87	0,981	0,887
Noroeste	Mucambo	0,48	0,801	0,599
Norte	Mulungu	0,637	0,64	0,995
Sul	Nova Olinda	0,319	0,797	0,400
Sertões	Nova Russas	0,243	0,326	0,745
Sertões	Novo Oriente	1,000	1,000	1,000
Norte	Ocara	0,312	0,317	0,984
Centro-Sul	Orós	0,175	0,241	0,726
Metropolitana	Pacajus	0,842	0,887	0,949
Metropolitana	Pacatuba	0,229	0,333	0,688
Noroeste	Pacujá	0,212	1,000	0,212
Jaguaribe	Palhano	0,668	0,747	0,894
Norte	Palmácia	1,000	1,000	1,000
Norte	Paracuru	0,28	0,294	0,952
Norte	Paraipaba	0,972	1,000	0,972
Sertões	Parambu	0,31	0,331	0,937
Norte	Paramoti	0,265	0,574	0,462
Sertões	Pedra Branca	0,372	0,375	0,992

*(continua)*

Mesorregião	Município	Eficiência técnica		Eficiência de escala
		CRS	VRS	
Sul	Penaforte	0,234	0,626	0,374
Jaguaribe	Pereiro	0,479	0,619	0,774
Norte	Pindoretama	0,361	0,685	0,527
Sertões	Piquet Carneiro	1,000	1,000	1,000
Noroeste	Pires Ferreira	0,7	0,95	0,737
Noroeste	Poranga	0,487	0,917	0,531
Sul	Porteiras	0,37	0,407	0,909
Sul	Potengi	0,57	0,808	0,705
Jaguaribe	Potiretama	0,342	0,429	0,797
Sertões	Quiterianópolis	0,636	0,651	0,977
Sertões	Quixadá	0,324	0,369	0,878
Centro-Sul	Quixeló	0,382	0,45	0,849
Sertões	Quixeramobim	0,338	0,343	0,985
Jaguaribe	Quixeré	1,000	1,000	1,000
Noroeste	Reriutaba	0,62	0,707	0,877
Jaguaribe	Russas	0,598	0,645	0,927
Sertões	Saboeiro	0,281	0,317	0,886
Sul	Salitre	0,389	0,488	0,797
Noroeste	Santana do Acaraú	0,496	0,505	0,982
Noroeste	Santa Quitéria	0,391	0,394	0,992
Noroeste	São Benedito	0,347	0,391	0,887
Norte	São Gonçalo do Amarante	0,457	0,463	0,987
Jaguaribe	São João do Jaguaribe	0,316	0,36	0,878
Sertões	Senador Pompeu	0,631	0,646	0,977
Noroeste	Senador Sá	0,291	1,000	0,291

*(conclusão)*

Mesorregião	Município	Eficiência técnica		Eficiência de escala
		CRS	VRS	
Noroeste	Sobral	0,197	0,202	0,975
Sertões	Solonópole	0,338	0,364	0,929
Jaguaribe	Tabuleiro do Norte	0,399	0,405	0,985
Sertões	Tamboril	0,477	0,488	0,977
Centro-Sul	Tarrafas	0,603	0,652	0,925
Sertões	Tauá	0,749	0,834	0,898
Norte	Tejuçuoca	0,24	0,423	0,567
Norte	Trairi	0,251	0,252	0,996
Norte	Tururu	1,000	1,000	1,000
Noroeste	Ubajara	1,000	1,000	1,000
Centro-Sul	Umari	0,255	0,442	0,577
Norte	Umirim	0,295	0,336	0,878
Noroeste	Uruoca	0,332	0,489	0,679
Centro-Sul	Várzea Alegre	0,388	0,407	0,953

Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

*Recebido em: junho de 2013  
Aprovado em: outubro de 2013*